



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

EP04/3535

REC'D 02 JUN 2004

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03011250.2

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk

Anmeldung Nr:  
Application no.: 03011250.2  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 16.05.03  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München  
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Vorrichtung und Verfahren zur Kommunikation mit Hilfe einer kryptischen  
Codetabelle

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)  
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H04L9/06

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT RO SE SI SK TR LI

## Beschreibung

Vorrichtung und Verfahren zur Kommunikation mit Hilfe einer kryptischen Codetabelle

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kommunikationsprozess-  
sorrVorrichtung zur Kommunikation in einem Netzwerk mit einer  
Prozessoreinrichtung zum Verarbeiten eingehender Signale und  
zum Erzeugen und/oder Bereitstellen ausgehender Signale sowie  
10 einer Codespeichereinrichtung zum Bereitstellen eines Codes  
für die Prozessoreinrichtung. Ferner betrifft die vorliegende  
Erfindung ein entsprechendes Verfahren zur Kommunikation in  
einem Netzwerk.

15 Bei Low-Level-Bussen für industrielle Anwendungen kann das  
sogenannte Aktuator-Sensor-Interface (AS-i) eingesetzt wer-  
den. Das Aktuator-Sensor-Interface ist im Internet unter der  
Adresse „www.as-interface.net“ ausführlich beschrieben.

20 Zur Übertragung von sicherheitsrelevanten Daten über ein AS-  
Interface ist in jedem Slave eines AS-i-Netzes eine für die-  
ses Netz einmalige Codefolge von typischerweise 4 x 8 Bit ge-  
speichert. Eine detaillierte Beschreibung einer derartigen  
Codefolge findet sich in dem Kompendium „AS-Interface - Die  
25 Lösung in der Automation“ AS-i, Februar 2003, Seiten 134 ff.

Die Codefolge ist in einem von einem AS-i-Kommunikations-  
prozessor getrennten Bauelement hinterlegt. Durch die Tren-  
nung von Kommunikationsprozessor und Codespeicher kann eine  
30 ungewollte Übertragung der Codesequenz beispielsweise auf-  
grund eines Kurzschlusses oder ungenauen Fertigungsprozesses  
ausgeschlossen werden. In erster Linie sind sicherheitsrele-  
vante Bauelemente und Leiterbahnen voneinander räumlich zu  
trennen, um den geforderten Fehlerausschluss gewährleisten zu  
35 können. Je nach verwendeten Potentialen und Materialien sind  
hierbei bestimmte Mindestabstände einzuhalten. Die minimalen  
Abstände liegen beispielsweise bei 0,2 mm. Aus diesem Grund

ist die Integration eines Codespeichers in den Kommunikationsprozessor nicht möglich.

5 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, eine vereinfachte Kommunikationsprozessorvorrichtung und ein entsprechendes Kommunikationsverfahren vorzuschlagen.

10 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Kommunikationsprozessorvorrichtung zur Kommunikation in einem Netzwerk mit einer Prozessoreinrichtung zum Verarbeiten eingehender Signale und zum Erzeugen und/oder Bereitstellen ausgehender Signale und einer Codespeichereinrichtung zum Bereitstellen eines Codes für die Prozessoreinrichtung, wobei die Codespeichereinrichtung in die Prozessoreinrichtung integriert  
15 ist, der Code in der Codespeichereinrichtung verschlüsselt vorliegt und die Prozessoreinrichtung zur Entschlüsselung zumindest eines Teils des Codes an eine externe Decodereinrichtung anschließbar ist.

20 Darüber hinaus ist erfindungsgemäß vorgesehen ein Verfahren zur Kommunikation in einem Netzwerk mit den Schritten: Bereitstellen eines Codes und Vergleichen von Daten mit dem Code und/oder Senden des Codes in das Netzwerk, wobei der Code in einer Kommunikationsprozessorvorrichtung verschlüsselt bereitgestellt wird, zumindest ein Teil des verschlüsselten Codes außerhalb der Kommunikationsprozessorvorrichtung ent-  
25 schlüsselt wird und der entschlüsselte Code der Kommunikationsprozessorvorrichtung zur Verfügung gestellt wird.

30 Dadurch, dass in dem Kommunikationsprozessor der Code in verschlüsselter Form gespeichert ist, wird bei einem Fehler im Kommunikationsprozessor keine gültige Codesequenz übertragen. Damit ist es auch möglich, dass der Codespeicher in dem Kommunikationsprozessor unter Umgehung der vorschriftsgemäßen  
35 räumlichen Trennung von beispielsweise mindestens 0,2 mm zwischen sicherheitsrelevanten Baugruppen innerhalb eines integrierten Schaltkreises integriert werden kann.

Ein derartiger gemeinsamer Schaltkreis für den Kommunikationsprozessor und die Codespeichereinrichtung kann als ASIC ausgestaltet sein.

5

10

Vorzugsweise wird in der Codespeichereinrichtung auch Verschlüsselungsinformation beziehungsweise Entschlüsselungsinformation abgespeichert, die der Decodiereinrichtung zur Verfügung gestellt wird. Damit kann die externe Decodiereinrichtung einfacher gestaltet werden, da die gesamte Entschlüsselungsinformation nicht in der Decodiereinrichtung abgelegt zu sein braucht.

15

Die Codespeichereinrichtung kann eine Eingabeeinrichtung zur Eingabe eines verschlüsselten Codes aufweisen. Dadurch kann der Code in die Kommunikationsprozessorvorrichtung beliebig beispielsweise mit Hilfe eines PC eingespeichert und geändert werden.

20

25

Die Kommunikationsprozessorvorrichtung kann außerdem eine Tauscheinrichtung besitzen, mit der zumindest zwei Stellen des mehrstelligen Codes vertauschbar sind. Der Tausch dient zur teilweisen Entschlüsselung des verschlüsselten Codes. Generell bedeutet dies, dass zumindest ein Teil der Entschlüsselung direkt in der Kommunikationsprozessorvorrichtung vorgenommen werden kann.

30

Vorteilhafterweise wird die Kommunikationsprozessorvorrichtung für ein Aktuator-Sensor-Interface zur Kommunikation in einem AS-i-Netz eingesetzt.

Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

35

FIG 1 einen Schaltungsaufbau einer Kommunikationsprozessorvorrichtung gemäß dem Stand der Technik;

- FIG 2 einen Schaltungsaufbau einer Kommunikationsprozessor-  
vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;  
FIG 3 Codetabellen gemäß einer ersten Ausführungsform;  
FIG 4 Codetabellen gemäß einer zweiten Ausführungsform; und  
5 FIG 5 einen konkretisierten Schaltungsaufbau zur Verwendung  
der Codetabellen von FIG 4.

Die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen stellen be-  
vorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung dar.

10 Zur Verdeutlichung der Erfindung sei zunächst anhand von FIG  
1 das Prinzipschaltbild einer Kommunikationsprozessorvorrich-  
tung nach dem Stand der Technik näher erläutert. Ein Kommuni-  
kationsprozessor 1 sendet und empfängt Daten von einer AS-i-  
15 Leitung 2. Der für das AS-Interface spezifische Code ist in  
einem Codespeicher 3, der mit einer eigenen Spannungsversor-  
20 gung 4 ausgestattet ist, abgelegt. Der Codespeicher 3 ist ü-  
ber einen Taktgeber 5 mit dem Kommunikationsprozessor 1 ver-  
bunden und erhält von diesem die notwendigen Taktimpulse.

Der Codespeicher 3 besitzt vier parallele Ausgänge D0, D1, D2  
und D3 zur Übertragung eines vierstelligen Codetelegramms in  
einem AS-i-Zyklus. Über eine Schaltvorrichtung 6 und eine  
25 Pegelanpasseinrichtung 7 sind die Ausgangsleitungen D0 bis D3  
zum Kommunikationsprozessor 1 geführt. Die Schalteinrichtung  
6 kann beispielsweise mit einem Notausschalter realisiert  
werden, so dass im Aus-Zustand sämtliche Leitungen offen sind  
und jeweils eine Null übertragen wird. Dies entspricht dem  
Notaus-Zustand gemäß der AS-i-Spezifikation. Durch die  
30 Pegelanpasseinrichtung 7 werden die beiden getrennten Bau-  
gruppen, nämlich Kommunikationsprozessor 1 und Codespeicher  
3, hinsichtlich des Pegels aneinander angepasst.

Erfindungsgemäß wird nun gemäß FIG 2 in den Kommunikations-  
35 prozessor 10 ein Codespeicher 11 integriert. Eine eigene  
Spannungsversorgung für den Codespeicher ist damit nicht mehr

notwendig. Der Codespeicher 11 wird weiterhin vom Kommunikationsprozessor 10 getaktet.

5 Damit die geforderte Sicherheit gegeben ist, ist in dem Codespeicher 11 der Code verschlüsselt gespeichert. Darüber hinaus ist in dem Codespeicher 11 auch Entschlüsselungsinformation gespeichert, die über eine Leitung INV parallel zu den Ausgangsleitungen D0\*, D1, D2\*, D3 zu einem externen Decoder 12 übertragen wird. Die Leitungen D0\* und D2\* symbolisieren, 10 dass der Code an diesen Stellen beziehungsweise in diesen Leitungen verschlüsselt übertragen wird. Durch eine spezifische Decodier-Operation werden die Stellen D0\* und D2\* zu D0 und D2 entschlüsselt. Im vorliegenden Beispiel erfolgt die Decodier-Operation durch eine Exklusiv-Oder-Verknüpfung der 15 verschlüsselten Stelle D0\* beziehungsweise D2\* mit einer Entschlüsselungsinformation INV. Über die Schalteinrichtung 6 werden nun sämtliche uncodierten beziehungsweise decodierten Stellen D0 bis D3 von den Ausgangsleitungen des Decoders 12 in den Kommunikationsprozessor 10 eingeleitet.

20 In FIG 3 sind in einem Beispiel die Codes dargestellt, die in der Schaltung von FIG 2 verarbeitet beziehungsweise erstellt werden. Auf der linken Seite ist diejenige 4 x 8-Codefolge dargestellt, die den AS-Interface-spezifischen Code im Original darstellt. In der Mitte von FIG 3 ist eine verschlüsselte 25 4 x 8-Codefolge einschließlich einer Entschlüsselungsinformation INV für jedes der acht Codetelegramme dargestellt. Auf der rechten Seite von FIG 3 ist schließlich der Code wiedergegeben, wie er in den Kommunikationsprozessor 10 eingespeist wird. Die übertragene Codefolge entspricht exakt der auf der 30 linken Seite dargestellten Originalcodefolge.

35 Das Regelwerk für die in der Mitte von FIG 3 dargestellte kryptische Codetabelle, die in dem mittels eines ASIC realisierten Kommunikationsprozessor 10 abgespeichert ist, lautet wie folgt:

$D0^* = D0 \oplus INV$  und ebenso

$$D2^* = D2 \oplus INV.$$

Dabei symbolisiert das „ $\oplus$ “ eine Exklusiv-Oder-Verknüpfung. Die Verschlüsselungs- beziehungsweise Entschlüsselungsinformation INV besteht aus einem Bit, das fest oder variabel bei den n-Codewerten mit 0 oder 1 belegt ist. Im vorliegenden Fall ist INV beim ersten, dritten, sechsten und siebten Codewert mit 1 belegt, bei den anderen Codewerten mit 0. Die INV-Information wird dem Codewert zugeordnet im Codespeicher 11 mit abgespeichert. Die Stellen D0 und D3 der im Codespeicher 11 abgespeicherten Codetabelle sind unverändert und entsprechen dem Originalcode.

Die Rückgewinnung der zu übertragenden Codetabelle aus der in dem Kommunikationsprozessor 10 beziehungsweise ASIC gespeicherten kryptischen Codetabelle (vergleiche FIG 3 Mitte) geschieht wie folgt:

Die INV-Information wird an einem ASIC-pin ausgegeben. In dem externen Decoder wird  $D0 = D0^* \oplus INV$  und  $D2 = D2^* \oplus INV$  gebildet und übertragen. D1 und D3 werden durch den Decoder 12 durchgeleitet und übertragen.

Vergleicht man die kryptische Codetabelle mit der letztendlich übertragenen und von einem Sicherheitsmonitor erwarteten Codefolge, ist leicht erkennbar, dass durch ASIC-interne Fehler keine ungewollte Übertragung der gültigen Codetabelle stattfinden kann.

Erfindungsgemäß ergibt sich damit der Vorteil, dass gegenüber dem Schaltungsaufbau von FIG 1 mehrere externe Schaltungselemente, nämlich der externe Codespeicher 3, die Spannungsversorgung 4 des Codespeichers 3, der Taktgeber 5 und die Pegelanpasseinrichtung 7 ohne Einschränkung der Sicherheitskategorie eingespart werden können. Diese Schaltungselemente sind in dem Kommunikationsprozessor bereits vorhanden beziehungsweise nicht (mehr) notwendig, oder aber praktisch kostenneutral in diesen integrierbar. Dadurch ergeben sich für



einen sicheren AS-i-Slave erhebliche Kosteneinsparungen bei deutlich reduziertem Platzbedarf.

Anhand der Figuren 4 und 5 wird eine alternative Ausführungsform hinsichtlich der Verschlüsselung und der Entschlüsselung der Codetabellen vorgestellt. Auf der linken Seite von FIG 4 ist wiederum die Originalcodetabelle als Referenz dargestellt. In einem ersten Verschlüsselungsschritt werden die Werte der Codetabelle an den Stellen D0 und D2 um + 1, d. h. nach oben, verschoben. Diese Verschiebung ist in FIG 2 in der mittleren Tabelle dargestellt. In einem zweiten Verschlüsselungsschritt werden Werte der Tabelle getauscht beziehungsweise invertiert, wie dies in der rechten Tabelle in FIG 4 dargestellt ist. Diese resultierenden Werte werden in den Codespeicher 11, der in den Kommunikationsprozessor integriert ist, geschrieben. Zusätzlich wird in dem Codespeicher 11 zu jedem vierstelligen Codetelegramm ein Flag abgespeichert.

Das Regelwerk für die kryptographische Codetabelle im ASIC gemäß FIG 4 lautet:

D0 und D2 werden vor dem Speichern in dem ASIC um einen Wert „nach vorne“ verschoben und invertiert. Beim ersten, dritten, sechsten und siebten Codewert (fest oder auch variabel bei insgesamt vier Codewerten) werden D1 und D3 vertauscht. Diese Codewerte werden für ein fünftes Bit (Flag) mit 1 gekennzeichnet. Die Codewerte mit nicht vertauschtem D1/D3-Bit sind mit Flag = 0 gekennzeichnet. Die Flag-Information wird dem Codewert zugeordnet mit gespeichert.

Die Rückgewinnung der übertragenen Codetabelle aus der kryptographischen Codetabelle im ASIC erfolgt gemäß der in FIG 5 dargestellten Schaltung. In externen Schaltungsteilen 22 und 23 werden die Werte D0\* und D2\*, die aus der Kommunikationsprozessorvorrichtung 20 stammen, invertiert, mit einer Offsetspannung Offset 1 beziehungsweise Offset 2 versehen und so verzögert (ca. 20  $\mu$ s), dass D0\* und D2\* erst im nächsten AS-Interface-Zyklus übertragen werden. Dazu werden die ent-

schlüsselten Werte D0 und D2 über Schalter 61 und 62 zurück zu der Kommunikationsprozessorvorrichtung 20 beziehungsweise den darin enthaltenen Kommunikationsprozessor 21 zurückgeführt. Die Schaltungsteile 22 und 23 besitzen zur Verzögerung jeweils ein RC-Glied RC, zur Invertierung einen damit verbundenen Transistor T und zur OffsetsEinstellung einen Spannungsteiler R.

Die Werte D1 und D3 werden in der Kommunikationsprozessorvorrichtung beziehungsweise dem ASIC 20 intern in Abhängigkeit der Offsetspannungen Offset 1 und Offset 2, die bei Anliegen von D0\* und D2\* anstehen, zur Übertragung zu dem AS-Interface durchgeschaltet. Hierzu werden die Werte D1\* und D3\* mit einer internen Schalteinrichtung 24 entsprechend einem Flag vertauscht. Falls das Flag (vergleiche rechte Tabelle von FIG 4) 0 ist, werden die Werte D1\* und D3\* nicht vertauscht und unmittelbar als D1 und D3 an den Kommunikationsprozessor 21 über Schalter 25 und 26 weitergeleitet. Diese internen Schalter 25 und 26 werden über die Offsetspannungen Offset 1 und Offset 2 gesteuert. Hierzu besteht ein Abgriff zu den Leitungen D0 und D2. Falls die externen Schalter 61 und 62 geschlossen sind, sind die Signale in den Leitungen D0 und D2 jeweils mit einem Offset versehen. Diese Offsetspannungen werden dazu verwendet, die internen Schalter 25 und 26 geschlossen zu halten. Falls nun das AS-Interface beispielsweise über einen Notaus-Schalter abgeschaltet wird, sind die beiden Schalter 61 und 62 geöffnet. Die Offsetspannungen Offset 1 und Offset 2 liegen an den internen Schaltern 25 und 26 nicht mehr an, so dass sich auch diese öffnen. Dadurch liegt an sämtlichen Leitungen D0 bis D3 ein Null-Signal an, womit der geforderte Zustand der AS-i-Spezifikation erreicht ist.

Grundsätzlich sind auch beliebige andere Codetabellen und Codfolgen möglich. Auch bei dieser Ausführungsform ergeben sich die oben im Zusammenhang mit den FIG 2 und 3 genannten Vorteile.

16. Mai 2003

## Patentansprüche

1. Kommunikationsprozessvorrichtung zur Kommunikation in einem Netzwerk mit
  - 5 - einer Prozessoreinrichtung (10) zum Verarbeiten eingehender Signale und zum Erzeugen und/oder Bereitstellen ausgehender Signale und
  - einer Codespeichereinrichtung (11) zum Bereitstellen eines Codes für die Prozessoreinrichtung (10),  
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
  - die Codespeichereinrichtung (11) in die Prozessoreinrichtung (10) integriert ist,
  - der Code in der Codespeichereinrichtung (11) verschlüsselt vorliegt und;  
15 - die Prozessoreinrichtung (10) zur Entschlüsselung zumindest eines Teils des Codes an eine externe Decoder-einrichtung (12) anschließbar ist.
2. Kommunikationsprozessorvorrichtung nach Anspruch 1, wobei  
20 die Prozessoreinrichtung (10) und die Codespeichereinrichtung (11) mit einem gemeinsamen integrierten Schaltkreis realisiert sind.
3. Kommunikationsprozessorvorrichtung nach Anspruch 1 oder  
25 2, wobei der gemeinsame Schaltkreis ein ASIC ist.
4. Kommunikationsprozessorvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in der Codespeichereinrichtung (11) auch Entschlüsselungsinformation (INV) abgespeichert  
30 ist, die der Decodiereinrichtung (12) zur Verfügung stellbar ist.
5. Kommunikationsprozessorvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Codespeichereinrichtung  
35 (11) eine Eingabeeinrichtung zur Eingabe eines verschlüsselten Codes aufweist.

- 5 6. Kommunikationsprozessorvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die eine Tauscheinrichtung (24) zum Tauschen von mindestens zwei Stellen des mehrstelligen Codes zur Entschlüsselung aufweist.
7. Aktuator-Sensor-Interface mit einer Kommunikationsprozessorvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
- 10 8. Verfahren zur Kommunikation in einem Netzwerk mit den Schritten:
- Bereitstellen eines Codes und
  - Vergleichen von Daten mit dem Code und/oder Senden des Codes in das Netzwerk,
- 15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
- der Code in einer Kommunikationsprozessorvorrichtung verschlüsselt bereitgestellt wird,
  - zumindest ein Teil des verschlüsselten Codes außerhalb der Kommunikationsprozessorvorrichtung entschlüsselt wird und
- 20 - der entschlüsselte Code der Kommunikationsprozessorvorrichtung zur Verfügung gestellt wird.
- 25 9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei in der Kommunikationsprozessorvorrichtung zusammen mit dem verschlüsselten Code auch Entschlüsselungsinformation (INV) abgespeichert und zur Entschlüsselung zur Verfügung gestellt wird.
- 30 10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, wobei verschlüsselter Code extern generiert und in die Kommunikationsprozessorvorrichtung eingegeben wird.
- 35 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei der Code mehrstellig ist und zumindest zwei Stellen in der Kommunikationsprozessorvorrichtung zur Entschlüsselung vertauscht werden.

200302813

11

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei die Kommunikation in einem AS-i-Netz stattfindet.

## Zusammenfassung

Vorrichtung und Verfahren zur Kommunikation mit Hilfe einer  
kryptischen Codetabelle

5

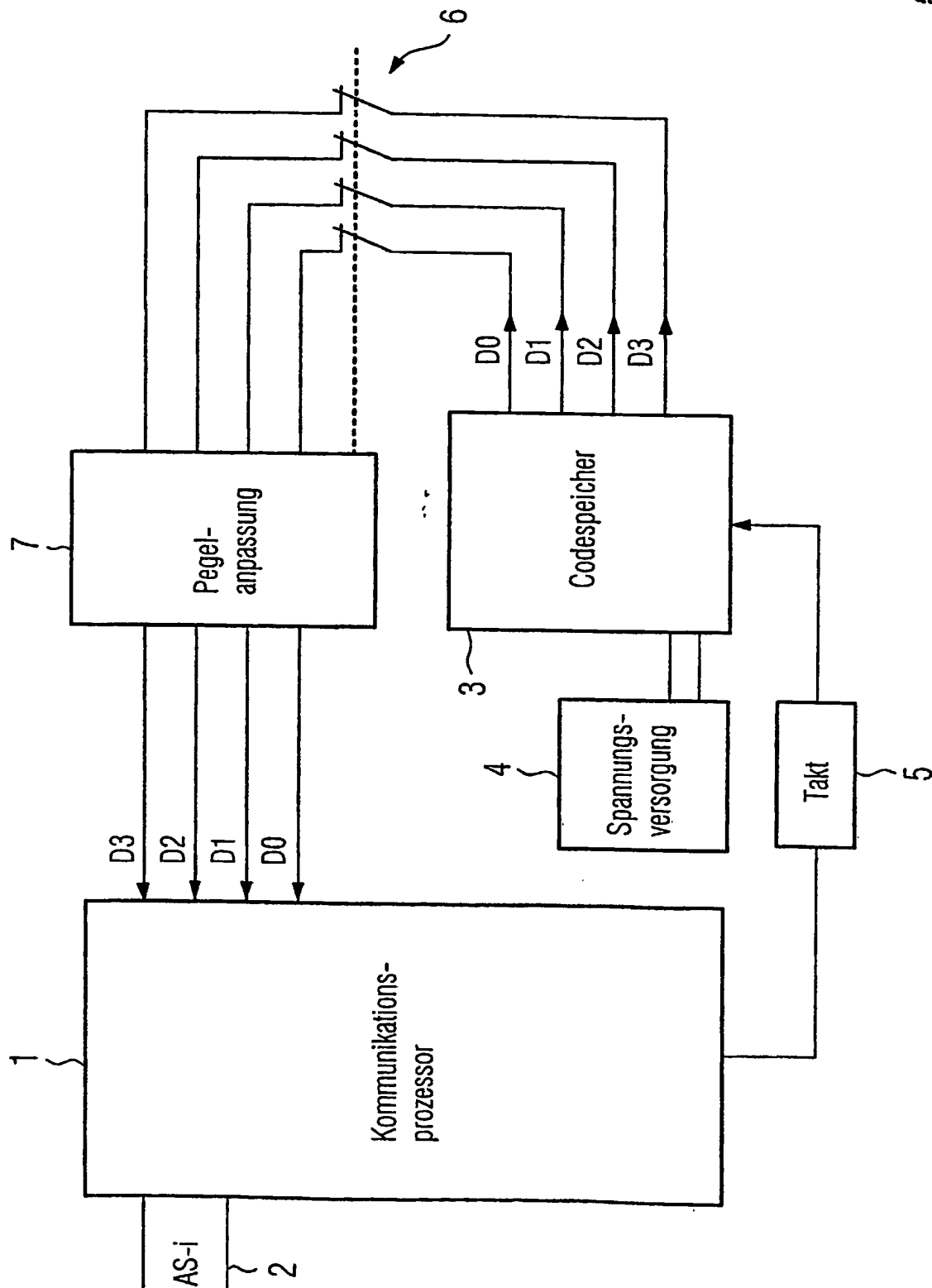
10

15

Ein AS-Interface-Slave soll vereinfacht werden. Damit die geforderte Sicherheit erhalten bleibt, wird der interfacespezifische Code in einem Codespeicher (11), der in einem Kommunikationsprozessor (10) integriert ist, verschlüsselt abgespeichert. Damit wird im Falle eines Fehlers des Kommunikationsprozessors (10) nicht der Originalcode sondern allenfalls der verschlüsselte Code übertragen. Zur Entschlüsselung des Codes ist lediglich ein externer Decoder (12) notwendig. Er gewährleistet die notwendige räumliche Trennung der Bauelemente bei der Bereitstellung des zu übertragenden Codes.

FIG 2

FIG 1



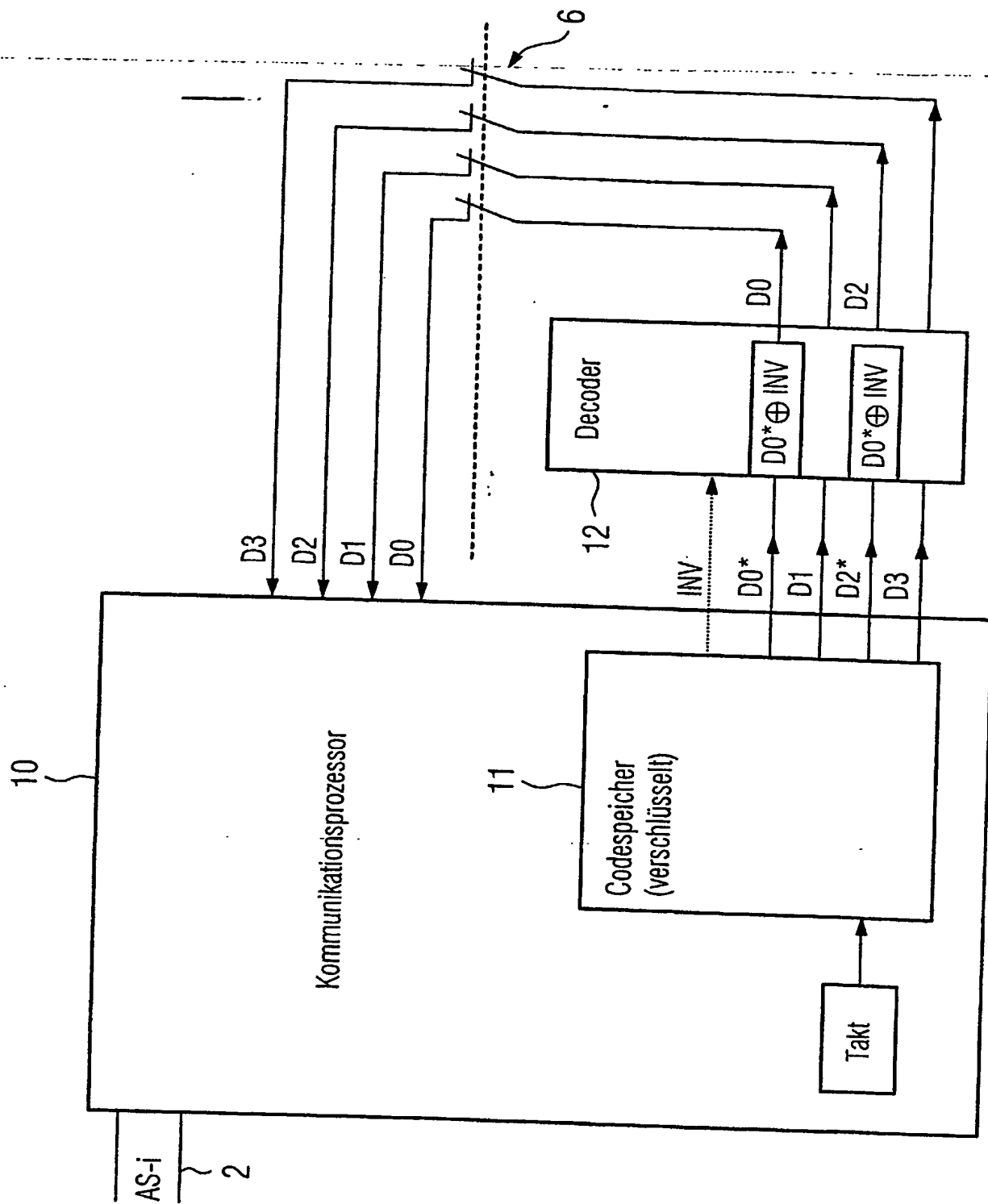
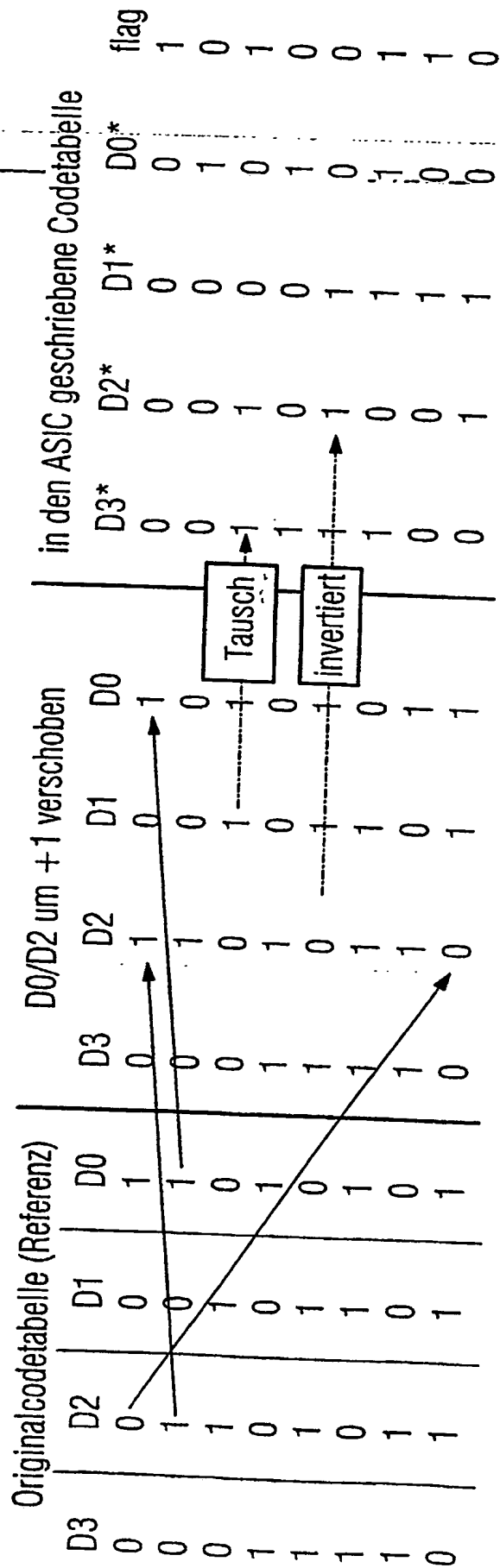


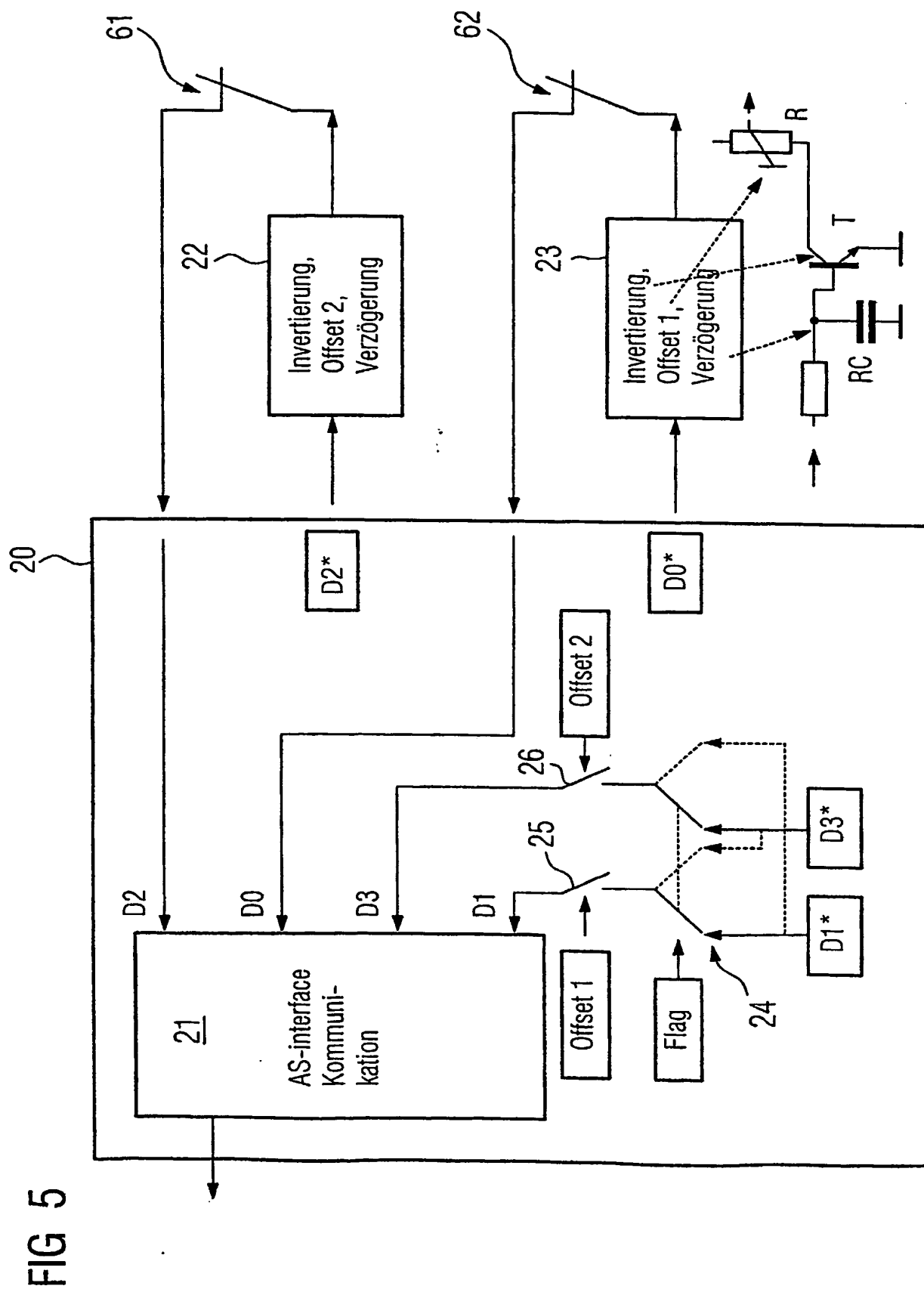


FIG 3

| Originalcodetabelle (Referenz) |    |    |    | kryptische Codetabelle im ASIC |    |     |    | übertragene Codefolge |    |    |    |    |
|--------------------------------|----|----|----|--------------------------------|----|-----|----|-----------------------|----|----|----|----|
| D0                             | D1 | D2 | D3 | D0*                            | D1 | D2* | D3 | INV                   | D0 | D1 | D2 | D3 |
| 0                              | 0  | 1  | 1  | 1                              | 0  | 0   | 1  | 1                     | 0  | 0  | 1  | 1  |
| 0                              | 1  | 1  | 0  | 0                              | 1  | 1   | 0  | 0                     | 0  | 1  | 1  | 0  |
| 1                              | 0  | 1  | 0  | 0                              | 0  | 0   | 0  | 1                     | 1  | 0  | 1  | 0  |
| 1                              | 0  | 1  | 1  | 1                              | 0  | 1   | 1  | 0                     | 1  | 0  | 1  | 0  |
| 1                              | 0  | 0  | 1  | 1                              | 0  | 0   | 1  | 0                     | 1  | 0  | 0  | 1  |
| 1                              | 1  | 1  | 1  | 0                              | 1  | 0   | 0  | 1                     | 1  | 0  | 1  | 0  |
| 0                              | 1  | 0  | 0  | 1                              | 1  | 1   | 0  | 1                     | 0  | 1  | 0  | 0  |
| 0                              | 1  | 1  | 1  | 0                              | 1  | 1   | 1  | 0                     | 0  | 1  | 1  | 1  |

FIG 4





This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**